



Guía del ciudadano: Atenuación natural

Oficina de Innovaciones Tecnológicas

Ficha tecnológica

¿Qué es la atenuación natural?

La atenuación natural aprovecha procesos naturales para contener la contaminación causada por derrames de productos químicos y reducir la concentración y la cantidad de contaminantes en los lugares afectados. La atenuación natural, conocida también como medidas correctivas intrínsecas, bioatenuación o biocorrección intrínseca, es un método de tratamiento in situ, o sea que se dejan los contaminantes donde están mientras se produce la atenuación natural. Con frecuencia se utiliza la atenuación natural como parte de la limpieza de un sitio donde también se recurre al control o la extracción de la fuente de contaminación.

¿Cómo funciona?

Los procesos que contribuyen a la atenuación natural generalmente se encuentran en muchos lugares, pero con diferencias en cuanto a la celeridad y a la eficacia según el tipo de contaminante y las características físicas, químicas y biológicas del suelo y del agua subterránea. Los procesos de atenuación natural a menudo se clasifican en destructivos y no destructivos. Los procesos destructivos destruyen el contaminante. Los procesos no destructivos no destruyen el contaminante, sino que reducen su concentración.

Los procesos de atenuación natural pueden reducir la masa del contaminante (por medio de procesos destructivos tales como **biodegradación** y transformaciones químicas), reducir su concentración

(mediante **dilución** o **dispersión**) o unir los contaminantes a partículas de tierra a fin de que la contaminación no se propague o no se extienda demasiado (**adsorción**).

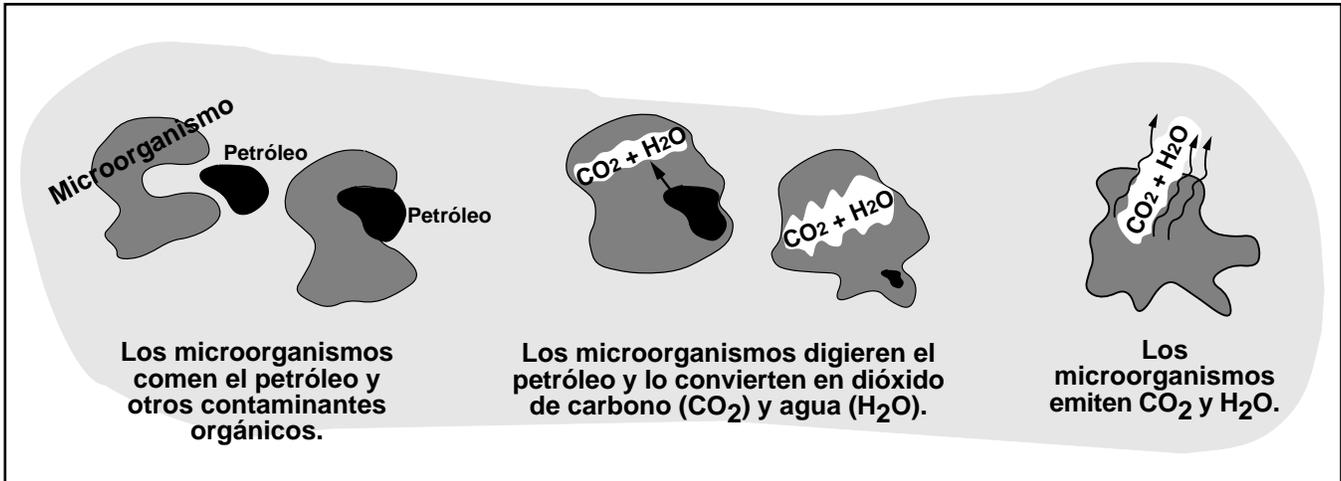
La **biodegradación**, llamada también biocorrección, es un proceso en el cual los microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) descomponen o degradan sustancias peligrosas, transformándolas en sustancias menos tóxicas o inocuas. Los microorganismos, igual que los seres humanos, comen y digieren sustancias orgánicas, de las cuales se nutren y obtienen energía. (En términos químicos, los compuestos “orgánicos” son aquellos que contienen átomos de carbono y de hidrógeno.) Ciertos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas, como combustibles o solventes, que son peligrosas para los seres humanos. La biodegradación puede producirse en presencia de oxígeno (en condiciones aerobias) o sin él (en condiciones anaerobias). En la mayoría de los entornos subterráneos se produce la biodegradación de contaminantes tanto en forma aerobia como en forma anaerobia. Los microorganismos descomponen los contaminantes orgánicos en productos inocuos, principalmente dióxido de carbono y agua en el caso de la biodegradación aerobia (figura 1). Una vez degradados los contaminantes, la población de microorganismos disminuye porque ha agotado su fuente de alimentos. Los microorganismos muertos o

Perfil de la atenuación natural

- Consiste en el uso de procesos naturales para limpiar sitios contaminados.
- Es una técnica no invasiva que permite usar productivamente el lugar mientras se realiza la limpieza.
- Requiere un estudio pormenorizado de las condiciones del lugar y la vigilancia de la concentración de contaminantes.



Figura 1 Esquema de la biodegradación aerobia en el suelo



una población pequeña de microorganismos sin alimentos no presentan riesgo de contaminación. En la ficha titulada *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas* se describe el proceso con pormenores (véase la página 4).

Muchos contaminantes orgánicos, como el petróleo, pueden ser biodegradados por microorganismos en el entorno subterráneo. Por ejemplo, con procesos de biodegradación se pueden eliminar eficazmente del suelo y del agua subterránea hidrocarburos tales como gasolina y compuestos de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos). La biodegradación también puede descomponer solventes clorados, como tricloroetileno (TCE), en el agua subterránea, pero si no se trata de lugares contaminados por petróleo la acción es más difícil de prever y es eficaz en un porcentaje menor de sitios. Los solventes clorados, que se usan mucho para desengrasar motores de aviones, repuestos de automóviles y componentes electrónicos, se encuentran entre los contaminantes orgánicos más comunes del agua subterránea. Cuando los compuestos clorados se biodegradan, es importante que la degradación sea completa porque algunos productos de la descomposición pueden ser más tóxicos que los compuestos originales.

Los efectos de **dilución** y **dispersión** parecen reducir la concentración del contaminante pero no lo destruyen. Se puede filtrar agua relativamente limpia de la superficie del suelo y mezclarse con agua subterránea contaminada, diluyéndola. Puede fluir agua subterránea limpia de un lugar subterráneo a zonas contaminadas; la dispersión de contaminantes que van alejándose del trayecto principal de la estela

contaminada también lleva a una disminución de la concentración del contaminante en una zona determinada.

La **adsorción** se produce cuando los contaminantes se adhieren a partículas subterráneas, es decir, son sorbidos. Los hidrocarburos tienden a repeler el agua, igual que la mayoría de las sustancias oleosas. Aprovechan cualquier oportunidad para escaparse del agua subterránea adhiriéndose a materia orgánica y minerales arcillosos que también repelen el agua. Eso es beneficioso porque puede impedir que los contaminantes fluyan a un lugar donde presenten un riesgo para la salud. La sorción, igual que la dilución y la dispersión, parece reducir la concentración y la masa de contaminantes en el agua subterránea, pero no los destruye.

¿En qué casos convendría usar la atenuación natural?

En ciertas situaciones, la atenuación natural es una opción eficaz y económica para realizar una limpieza y la forma más apropiada de corregir algunos problemas de contaminación. A veces se dice erróneamente que la atenuación natural es el método de la “inacción.” Sin embargo, la atenuación natural es realmente un método activo centrado en la confirmación y la vigilancia de procesos de corrección natural, en vez de depender totalmente de técnicas “dirigidas.” Los hidrocarburos móviles y tóxicos, por ejemplo, son buenos candidatos para la atenuación natural. No sólo son difíciles de atrapar debido a su movilidad, sino que también se encuentran entre los contaminantes que más fácilmente se destruyen con la biodegradación. La atenuación natural es un método no invasivo; a diferencia de

muchas técnicas complejas de limpieza mecánica, la superficie del suelo puede seguir usándose mientras se produce la atenuación natural en el subsuelo. La atenuación natural puede ser menos costosa que otras opciones dirigidas para el tratamiento, especialmente las que se usan para el agua subterránea, y no requiere una fuente de energía ni equipo especial.

¿Dará resultado esta técnica en cualquier lugar?

Para calcular el resultado que dará la atenuación natural y cuánto tardará se necesita un estudio pormenorizado del lugar contaminado. Los pobladores locales y las personas que realicen la limpieza deben saber si la atenuación natural o cualquier otra medida correctiva propuesta reducirá la concentración de contaminantes en el suelo y en el agua a niveles legalmente aceptables en un plazo prudencial.

La atenuación natural podría ser una opción aceptable para lugares donde se haya reducido la concentración de contaminantes como resultado de la aplicación de algunas medidas correctivas. Sin embargo, la atenuación natural no es una opción apropiada para cualquier lugar. Los procesos naturales generalmente son lentos. Se necesita una vigilancia a largo plazo para comprobar que la concentración de contaminantes disminuya continuamente y lo suficiente para que no se convierta en una amenaza para la salud. De no ser así, se debería considerar la posibilidad de aplicar medidas correctivas más energéticas.

¿Qué son las técnicas de tratamiento innovadoras?

Las técnicas de tratamiento son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para alterar su estado en forma permanente por medios químicos, biológicos o físicos.

Las técnicas de tratamiento innovadoras son técnicas que han sido ensayadas, seleccionadas o utilizadas para el tratamiento de desechos peligrosos o materiales contaminados, aunque todavía no se dispone de datos bien documentados sobre su costo y resultados en diversas condiciones de aplicación.

Como la eficacia de la atenuación natural como método de limpieza depende de diversas condiciones, es necesario caracterizar bien el sitio a fin de determinar si se está produciendo o se producirá atenuación natural. Los suelos con gran cantidad de materia orgánica, como las zonas pantanosas o antiguos pantanos, con frecuencia son aptos para la atenuación natural. Ciertas formaciones geológicas, como acuíferos de lecho rocoso fracturado o zonas calizas, son menos apropiadas para la atenuación natural porque en estos entornos a menudo hay suelos muy diversos que ocasionan un flujo imprevisible del agua subterránea y dificultan la previsión del movimiento de los contaminantes.

¿Dónde se está usando esta técnica?

La atenuación natural se está usando para limpiar la contaminación causada por fugas de petróleo de depósitos subterráneos en todo el país.

En el marco del programa del Superfund se ha seleccionado la atenuación natural como uno de los métodos de limpieza de 73 lugares con agua subterránea contaminada, pero es la única opción para el tratamiento en sólo seis de ellos. Algunos de estos sitios son vertederos municipales e industriales, refinerías y centros de reciclaje. En el predio de Allied Signal Brake Systems, en St. Joseph (Michigan), que está comprendido en el Superfund, los microorganismos están extrayendo eficazmente TCE y otros solventes clorados del agua subterránea. Los científicos estudiaron el movimiento subterráneo del agua contaminada por TCE desde su lugar de origen en el sitio comprendido en el Superfund hasta el punto de entrada al lago Michigan, a unos 800 metros de distancia. En el predio se encontraron concentraciones de TCE superiores a 200.000 microgramos por litro ($\mu\text{g/l}$), pero cuando la estela llegó a la orilla del lago Michigan, contenía mil veces menos TCE (solamente 200 $\mu\text{g/l}$). En el lago, a unos 90 metros de la orilla, las concentraciones eran inferiores a las permitidas por el EPA. Según los cálculos del EPA, la estela tardó alrededor de 20 años en llegar desde la fuente de contaminación hasta el lago Michigan, dando suficiente tiempo a los microorganismos naturales que están en el agua subterránea para destruir el TCE sin intervención externa. De hecho, los microorganismos estaban destruyendo alrededor de 270 kg de TCE por año sin costo alguno para los contribuyentes. El EPA determinó que la naturaleza había corregido de forma adecuada la estela de TCE en St. Joseph.

Para más información

Las publicaciones que se indican a continuación pueden obtenerse gratis del NCEPI. Para encargarlas, envíe su pedido por fax al 513-489-8695. Si alguno de estos documentos se ha agotado, puede dirigirse a otras fuentes. Algunos de los documentos de la lista pueden recibirse gratis por computadora desde el sitio del EPA en la World Wide Web con información sobre operaciones de limpieza (CLU-IN), <http://clu-in.com>, o de la cartelera electrónica, 301-589-8366. El número para pedir asistencia en relación con CLU-IN es 301-589-8368.

Si prefiere, escriba al NCEPI a la siguiente dirección:

National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI)
P.O. Box 42419
Cincinnati, OH 45242

- *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas*, abril de 1996, EPA 542-F-96-023.
- *Symposium on Intrinsic Bioremediation of Ground Water*, agosto de 1994, EPA 540-R-94-515.
- *Bioremediation Research: Producing Low-Cost Tools to Reclaim Environments*, septiembre de 1995, EPA 540-R-95-523a.
- "Natural Bioremediation of TCE," *Ground Water Currents* (boletín), septiembre de 1993, EPA 542-N-93-008.
- "Innovative Measures Distinguish Natural Bioattenuation from Dilution/Sorption," *Ground Water Currents* (boletín), diciembre de 1992, EPA 542-N-92-006.
- *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for UST Sites* (capítulo sobre atenuación natural), mayo de 1995, EPA 510-B-95-007.
- *Bioremediation Resource Guide*, septiembre de 1993, EPA 542-B-93-004. **Bibliografía de publicaciones y otras fuentes de información sobre técnicas biocorrectivas.**
- *Engineering Bulletin: In Situ Biodegradation Treatment*, abril de 1994, EPA 540-S-94-502.
- *Selected Alternative and Innovative Treatment Technologies for Corrective Action and Site Remediation: A Bibliography of EPA Information Resources*, enero de 1995, EPA 542-B-95-001. **Bibliografía de publicaciones del EPA sobre técnicas de tratamiento innovadoras.**
- *WASTECH® Monograph on Bioremediation*, ISBN #1-883767-01-6. Puede obtenerse de la Academia Estadounidense de Ingenieros Ambientales, 130 Holiday Court, Annapolis, Maryland 21401; teléfono: 410-266-3311. Cuesta US\$49,95.

AVISO: Esta ficha técnica es solamente una fuente de orientación e información. No es su propósito crear derechos que puedan hacerse valer por vía judicial en Estados Unidos, ni se puede recurrir a esta ficha técnica con ese fin. El EPA también se reserva el derecho de cambiar estas pautas en cualquier momento sin avisar al público.